

М. И. Жуманов, В. Н. Голошумова, Ю. М. Бродов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

maks.zhumanov@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМОВ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

В работе изложена актуальность разработки математического обеспечения для расчетов переменных режимов паротурбинных установок (ПТУ) в MS Excel. Расчеты необходимы для оптимизации режимов, а также для обработки результатов типовых тепловых испытаний ПТУ ТЭС. Приведены математическая модель и алгоритм расчета тепловых схем ПТУ.

Ключевые слова: тепловая схема; паротурбинная установка; переменные режимы, оптимизация; тепловые испытания, алгоритм расчета; показатели экономичности.

M. I. Zhumanov, V. N. Goloshumova, Yu. M. Brodov

Ural Federal University, Ekaterinburg

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS SOFTWARE FOR VARIABLE DUTY ESTIMATION OF STEAM TURBINE PLANT

The paper presents the topicality of development of algorithms software for variable duty calculations of steam turbine plant (STP) in MS Excel. Calculations are necessary for modes optimization, as well as to process the results of typical STP heat runs of heat power-stations. The mathematical model and the calculation algorithm of heat balance are given.

Keywords: heat balance; steam turbine plant; variable duty, optimization; heat runs, calculation algorithm; profitability indicators.

Важными направлениями решения задачи повышения эффективности производства электрической энергии являются

создание оборудования с более высокими показателями тепловой экономичности и оптимизация режимов работы действующих ТЭС. В условиях современного состояния парка оборудования ТЭС и изменившихся экономических отношений особенно актуально определение профиля перспективных паротурбинных установок (ПТУ) и путей реконструкции существующих. Комплексное решение этих задач в настоящий момент возможно на основе численного моделирования.

В современных условиях при проектировании и функционировании существующих ТЭС появляются новые возможности получения дополнительного экономического эффекта. Количество электроэнергии, вырабатываемой на ТЭС, может быть увеличено с помощью оптимизации тепловых схем ПТУ при номинальном и переменных режимах работы, что также может быть выяснено на основе математического моделирования.

При эксплуатации ТЭС возникает необходимость расчета технико-экономических показателей (ТЭП) работы оборудования на основе результатов измерения параметров потоков теплоносителей. В частности, такие задачи решаются при проведении типовых тепловых (балансовых, функциональных) испытаний теплоэнергетического оборудования, а также при составлении ежемесячной технической отчетности ТЭС о тепловой экономичности. Действующими нормативными документами энергетической отрасли, регламентирующими указанные виды работ, предписано проведение предварительного этапа расчетов, заключающегося в сведении материальных и энергетических балансов по рассматриваемой установке, технологической схеме или ТЭС в целом [1]. Актуальной задачей с точки зрения повышения объективности расчета ТЭП оборудования ТЭС является разработка расчетных алгоритмов.

Процесс определения параметров рабочего тела и показателей ПТУ на номинальных и переменных режимах носит итеративный характер и требует большого количества сложных и трудоемких вычислений, поэтому при расчете переменных режимов ПТУ большое значение имеет их расчетное сопровождение. Время

расчетного анализа может быть сокращено при использовании инженерного программного обеспечения. Разработанная программа расчета переменного режима энергетической ПТУ позволит получить необходимые характеристики ПТУ при достаточно малых затратах вычислительных ресурсов и времени расчета.

Для программной реализации алгоритмов расчета параметров рабочего тела и показателей ПТУ в номинальных и переменных режимах была выбрана программная система Microsoft Excel (Microsoft Office). Эта система широко используется в большинстве стран мира. MS Excel совмещает в себе преимущества электронных таблиц с большим количеством встроенных штатных функций и дополнительных – WaterSteamPro.

В настоящее время существует ряд алгоритмов и программ для проектирования тепловых схем ПТУ позволяющих создавать тепловые схемы, осуществлять определение параметров состояния воды и водяного пара в любом узле схемы, выполнять построение процесса расширения пара в турбоустановке и оценку показателей тепловой экономичности и т.д. К программным комплексам и САПР тепловых схем ТЭС, АЭС, ПГУ, ГТУ, нашедшим применение в проектных институтах и технических университетах теплоэнергетического профиля, относятся отечественные и зарубежные разработки, такие как OMEGA, ver. 3.1 (ИГЭУ, Россия), Schema (Калининград, КЭУ), UNITED CYCLE (СПб. ГТУ, Россия), BOILER DESIGNER («ОПТСИМ-М», Россия-Германия), Thermoflow (США) [2].

В основе большинства программ лежит математическая модель, представляющая собой сложную систему взаимосвязанных линейных и нелинейных алгебраических уравнений, описывающих материальные и тепловые балансы, для каждого структурного элемента тепловой схемы ПТУ которую можно решить в MS Excel. Значительное число элементов схемы ПТУ и определяют высокий порядок системы уравнений. При решении этой системы уравнений используется функция состояния для определения теплофизических свойств воды и водяного пара.

Математические модели элементов тепловой схемы ПТУ основываются на матрице связей элементов схемы между собой, состоящей из набора указателей на входные информационные потоки и идентификационных номеров элементов. Информационные потоки представляют собой аналогии возможных в тепловой схеме физических потоков теплоносителей поступающих в тот или иной элемент и характеризуют собой информацию об основных режимных параметрах (расходе, температуре, давлении и т. д.), а также о типе соответствующего потока. Информацию о типе элемента несет идентификатор (свойства элемента), характеризующий элемент тепловой схемы с точки зрения его назначения или принципа действия. Данная организация информационных потоков позволит стандартизировать все входные потоки и представить их в виде матрицы связей. Эта матрица едина для всех элементов схемы и является базовой структурой программы, хранящей информацию о типе и конфигурации данного элемента [3].

Создание такого математического обеспечения для проектирования и расчета схем ПТУ существенно упрощает процесс расчета тепловых балансов при моделировании, делая его наглядным и поэтапным, и позволяет создавать и изменять компоненты, и их математические модели непосредственно в процессе работы, автоматически объединять объекты схемы в единую систему, сравнивать тепловые схемы ПТУ.

Список использованных источников

1. Зимин А. П. Совершенствование методики расчета показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС : дис. ... канд. тех. наук : 05.14.14 / Иван. гос. энер. ун-т им. В. И. Ленина. – 2017. – 233 с.
2. Мошкарин А. В., Мошкарин А. А. Анализ схем испарительных установок ТЭС / ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина». – Иваново : УИУНЛ ИГУЭ, 2007. – 272 с.
3. Расчет и оптимизация тепловой схемы паротурбинной установки ТЭС средствами САПР [сайт]. URL: <https://docplayer.ru> (дата обращения: 20.11.2018).